

30. 南太平洋島嶼国を対象とした国土の防護のための 対策優先地区選定に用いる地理情報の高精度化

桑原 祐史^{1*}・中野貴聡²・江田雄樹³・横木裕宗⁴・藤田昌史⁴・佐藤大作⁴

¹茨城大学 広域水圏環境科学教育研究センター (〒316-8511 茨城県日立市中成沢町4-12-1)

²茨城大学 大学院 理工学研究科 都市システム工学専攻 (〒316-8511 茨城県日立市中成沢町4-12-1)

³守谷市役所 (〒302-0198 茨城県守谷市大柏950-1)

⁴茨城大学 工学部 都市システム工学科 (〒316-8511 茨城県日立市中成沢町4-12-1)

* E-mail:kuwahara@mx.ibaraki.ac.jp

気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の第4次報告書によると、海面上昇、熱帯低気圧の強度増加、高潮氾濫の危険性等、低平地が直面する多くの課題が指摘されている。このような中、島の最大標高が数mである南太平洋島嶼国では、海面上昇が進むに従って、暴風雨時の被害拡大が懸念されている。これまでに、環礁州島の状況に応じた海岸管理計画が策定され、国土の防護の方法が検討されている。このような中、著者らは、州島の限られた資源をなるべく有効に用いる観点から、沿岸域の地理情報を用いた重回帰分析に基づく対策の優先順位決定プロセスの提案を進めてきた。本論文では、プロセスによる評価結果の精度を上げるために、重回帰分析の説明変数(各種地理情報)の高精度化を目指した。具体的には、①沿岸域の植生の変化、②沿岸植生の土壌保持力の定量化、の2つの検討を進め、複数年度間の植生変化のパターンを表現した新たな地理情報、および、植生種の違いによる土壌保持力の特徴に関する検討結果、を整理した。

Key Words : climate change, adaptation, atoll island, landcover, coastal vegetation

1. はじめに

気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の第4次報告書によると、海面上昇、熱帯低気圧の強度増加、高潮氾濫の危険性等、低平地が直面する多くの課題が指摘されている。島の最大標高が数mである南太平洋島嶼国においても、海面上昇が進むに従って、暴風雨時に越波が頻繁に起こることや島本体の侵食といった被害の拡大が懸念されている^{1,2)}。このため、環礁州島の状況に応じた海岸管理計画が策定され、島の防護の方法が検討されている。このような中、著者らは、州島の限られた資源をなるべく有効に用いる観点から、沿岸域の地理情報を用いた重回帰分析に基づく対策の優先順位決定プロセスの提案を進めてきた³⁻⁵⁾。

現在までの研究では、マーシャル諸島共和国マジュロ環礁のローラ地区を対象とし、衛星画像や空中写真といった遠隔探査のデータに加えて、陸域から調査・収集することができる情報に基づき、防護の優先順位決定を支援する評価式作成方法を提案してきた³⁻⁵⁾。しかし、島

の開発状況に年度差があることや、沿岸植生の種類によって土壌の保持力にどの程度の差があるのか、といった点を重回帰分析の説明変数である地理情報に反映しきれていない状況であった。そこで、本研究では、対策の優先順位決定プロセスの精度を上げてゆくことを目的とした地理情報の高精度化を試みることにした。具体的には、①沿岸植生の年度による違いを反映した地理情報を整備すること、②土壌保持力の違いを代表的な沿岸植生毎に表現すること、に注目した。本論では、これら2つの地理情報生成手順と、その情報によって新たに分かる州島の特徴を整理し、研究の今後の展開を整理する。

2. 研究の着目点

(1) 対策優先順位決定プロセスに関する既存研究

著者らは、図-1に示すマーシャル諸島共和国マジュロ環礁の西側に位置するローラ地区を対象として、対策を優先させる地区の順位決定プロセス提案に関する研究を進めてきた³⁻⁵⁾。これらの研究では、ローラ地区の陸

域部を周回する道路から汀線までを、図-2 に示す形で沿岸域と定義し、図-3 に示す優先順位決定プロセスに従い、沿岸域から浅海域に分布する代表的な被覆を表現する地理情報を作成、この情報を説明変数とし、侵食・堆積域の情報を目的変数とする重回帰式を求め、順位決定のための評価式とした。しかし、当初の検討では回帰式の当てはまりの目安を示す重決定係数は、一般的に良いとされる0.7に至らなかった。このため、本研究では、沿岸域の地理情報の精度を向上させることにより、対策優先順位決定のための評価式の精度向上を図ろうとしたものである⁹。なお、評価式による評価結果と侵食・堆積域との比較は、現在検証段階にあり、本論は地理情報の精度向上について議論を進めた。

現在までの研究における具体的な情報項目は、表-1(1)に示すものであり、これらの情報は以下に示す4点の課題があった。なお、1)と2)の課題については簡便な修正であるため、既に対応を施した。

1) 研究当初は、対象地域を網羅したDEM(Digital Elevation Model)を準備することができず、GPS 機能付きカメラにより取得された画像の判読から地盤高さを「大・中・小」に区分するに留まっていた。改善として、空中写真から作成したDEMを提供頂き、評価ランクを区分した⁷。

2) 浅海部の砂域に関する地理情報が複数の情報項目に重複して作成されていた。このため、対策優先地区を評価するための評価式を求める際に、同種の説明変数を含んだ状態で重回帰分析を進めていた。改善として、情報項目の再整理を行い、情報項目の重複を解消した。

3) 現地でのヒアリングでは、近年のローラ地区の開発に伴い海岸侵食が生じたという指摘があった。このため、新たに沿岸域被覆の時間変化を考慮に入れる必要がある。

4) ココヤシと在来植生の土壌を保持する「力」を物理的に表現し得ていない。

以上の4点の課題を踏まえて、本研究では、3)および4)の課題について、続く a)、b)に示す地理情報生成上の改良と工夫を加え、最終的に表-1(2)に示す地理情報を生成した。

a) 沿岸域の被覆変化の情報化

ローラ地区は、マジュロ環礁の中で最も早い時代に人間居住が見られた地域であり、現在でもその居住形態は守られていることが報告されている⁸。この地域は、陸域部分のほぼ全域が、ココヤシ・パンダナスといった樹木に覆われ、その樹冠の下に人間居住やタロ芋の耕作地(ピット)が分布している。しかし、近年、地区周回道路の建設や、宅地の増加、グラント整備などが進み、少しずつ都市化が進行してきた。このため、経年的な被覆変化を表現する地理情報を樹林や草地を組み合わせた「植

生域」の減少率で示すことにした。具体的に、1970 年～1983 年および1983 年～2000 年という2年度間における沿岸域の植生変化を把握することによって被覆変化を代表させた。

b) 根系に注目した土壌保持力の定量化

本研究では、ローラ地区を代表する植生として、ココヤシおよび従来植生であるタコノキ(パンダナス)を対象とした^{9, 10}。南太平洋島嶼国を対象とした侵食の影響を説明する様々な資料において、沿岸部で傾斜または倒



図-1 マーシャル諸島共和国マジュロ環礁

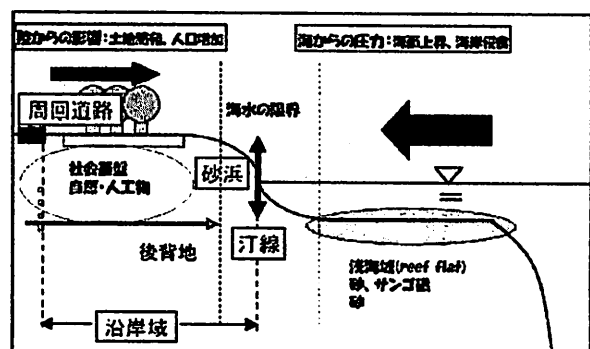


図-2 地理情報項目の作成概念⁹



図-3 対策の優先順位決定のプロセス

壊しているココヤシの映像が多用されている。実際に、現地の市民の声を聞いてみると、ココヤシの倒壊は侵食によるものだ、との声もある。そこで、本研究では、プランテーションにおいても多数耕作されているココヤシを対象とした。また、耕作を目的として人間が用いた樹木とは別に、元来、その地域に繁茂していたであろう樹木の代表として、現地で多く見受けられるタコノキ(パンダナス)を対象とした。現地調査の都合上、現地における根系の採寸はツバル国で行わざるを得なかったが、ほぼ同様の樹木形態であることを確認している。根系の大きさや形状の扱いにより客観性を持たせるために、根系図説を参照し^{11)~13)}、確認作業を追加した。

以上、現地および文献掲載の根系図をもとに、根系のモデルを製作し、河川を対象とした侵食実験を参考とし¹⁴⁾、実際の海水の流速を近似させた水槽実験により侵食量を実測、土壌保持力の違いを議論することにした。なお、沿岸域の根系による土壌保持力を議論する際には、外力として、潮汐流を想定した一様流に加えて、波浪による往復流を考慮に入れなくてはならない。今回は研究の第1段階として一様流による検討のみを対象とし、波浪による往復流の影響は今後の課題とした。この条件の範囲における知見であることに注意頂きたい。

3. 沿岸域の被覆変化の情報化

(1) 使用データとその補正処理

本研究で使用したデータを表-2 に示す。被覆変化の分析を進める際には、対象エリアで各年度のデータが面的に取得されている必要がある。このため、ローラ地区が切れ目なく一様なデータとして取得されている2000年観測・取得のIKONOS画像を幾何補正の基準とした。1970年撮影の空中写真は、マジュロ環礁東側の都市部を含む計73枚が現存しており、これら全てにGCPを用いた精密幾何補正を施した。1983年撮影の空中写真は、ローラ地区以外の部分は欠損が多く、計11枚が現存、同様の幾何補正を施した。研究の対象とするローラ地区の画像を図-3 に示す。なお、1970年撮影の空中写真はパナクロ映像であった。また、空中写真の個々のシーンが全てオーバーラップ(サイドラップ)はしておらず、ローラ地区のいくつかの部分では欠落した地点があった。最も欠落地点が多かったのは1983年撮影の空中写真であったため、緑地面積の変化を集計する際の有効エリアは1983年撮影の空中写真を基準とした。また、メッシュサイズについては、各データの有する情報量を最大限に生かすことを考慮して、一連のデータで最も解像度の低いIKONOS衛星画像のMX(マルチスペクトルモード)の4mに統一した。

表-1 (1) 従来までの地理情報項目

情報大項目	対象地点	情報小項目
土地被覆情報	汀線近傍	砂浜 レキ
土地被覆情報	陸域沿岸部	砂浜 レキ ココヤシ その他植生 構造物
地盤高さ	陸域沿岸部	大(人間の身長より高い) 中(人間の身長程度) 小(人間の身長より小さい)
砂域	浅海部	砂浜(海面上) 底室(砂域)(海面上)
後背地土地被覆	海岸線 ~周回道路	海岸線法線方向の緑被率

表-1 (2) 本研究で提案する新たな地理情報項目

情報大項目	対象地点	情報小項目
土地被覆情報	汀線近傍	砂浜 レキ
土地被覆情報	陸域沿岸部	裸地 ココヤシ 在来植生
地盤高さ	陸域沿岸部	空中写真DEMを利用
後背地土地被覆	海岸線 ~周回道路	海岸線法線方向の緑被率
沿岸植生占有率	海岸線部	1970-1983年までの変化率
沿岸植生占有率	海岸線部	1983-2000年までの変化率

表-2 使用データ一覧

撮影年次	画像種別	分解能(m)
1970	空中写真	0.3
1983	空中写真	0.3
2000	IKONOS(衛星画像)	PN:1.0,MX:4.0

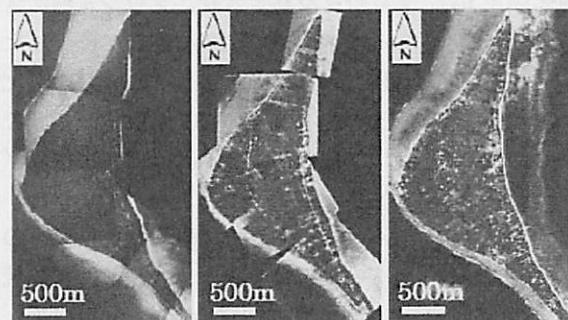


図-3 ローラ地区のデータ(左より1970年-2000年)

(2) 緑地の抽出方法とその結果

本研究では以下に示す2つの分類方法に基づき緑地に該当する領域を抽出した。

1) 教師なし分類(K-means法)

1970年時点の土地被覆に関する情報は乏しく、かつ、空中写真は一部不明瞭なモノクロ映像であるため、分類処理の判断基準とする教師データを設定することは困難であった。このため、分類処理に用いられる代表的なクラスタ法であるK-means法を採用し、分類処理を行った。

クラス法では、分類結果を確認しながら適切な分類クラス数を決める必要がある。この点について、本研究では10~16クラスに分類した各土地被覆分類図を確認し、最終的に16クラスの区分が適切と判断した。その後、明らかに植生域に該当する分類クラスを統合し、緑地域とした。

2) 教師つき分類(最尤法)

1983年空中写真および2000年衛星画像の分類には教師つき最尤法を用いた。分類の判断基準とする分類項目は、「緑地、裸地、構造物、砂浜、海洋」とし、それぞれの項目を代表する地点から教師データを取得した。分類処理を行った後に、緑地の項目のみを緑地域として再編集した。

以上の手順により抽出された各年代の緑地域を図-4に示す。また、セル毎の面積を16m²として推定した緑地面積等を表-3に示す。本分析より、1970年比で、1983年は16.3%の減少、2000年までには26.4%の減少が見られた。

(3) 緑地域の年度間変化情報の生成

1970年~1983年および1983年~2000年の各年度間の緑地面積の減少を比較すると、1970年~1983年の減少が大きいことが判る。しかし、この値はローラ地区全域をまとめた減少面積であるため、局所的な減少傾向について議論することができない。このため、まず、本研究で作成した緑地図のメッシュサイズ4mと、既存の地理情報のサイズ100mを合わせることを目的として、各緑地図上に100mメッシュを発生させ、メッシュ内に含まれる植生セルの割合を植生占有率(%)として算出した。図-5は2つの年代間における植生占有率の増減を図化したものである。図より、1970年-1983年は地区全域で植生が減少し、1983年-2000年では地区北部およびラグーン側にて占有率の低下が顕著であることが分かった。

ここで、図-6にマーシャル諸島共和国の人口変遷のグラフを示す。このデータは、マーシャル諸島共和国統計局より公開されているものであるが、1970年以来、共和国全体が人口増加の傾向にあることが分かる¹⁵⁾。また、統計局では環礁毎の人口密度を報告しているが、マジュロ環礁の人口密度は、米軍基地のあるクワジェリン環礁に次いで高いことが示されている¹⁵⁾。統計は、環礁単位で示されており、ローラ地区まで細分されていないが、国全体で人口増加があり、マジュロ環礁の人口密度も現状高いことから、環礁内で都市化が進行したことが推定できる。

以上の検討から、沿岸域の被覆変化の状況を緑地面積の変化で代表させることにより、ローラ地区の人為による土地改変の影響(都市化)を間接的にはあるが地理情報として表現できたと考える。現在までの研究では、年度間で異なる植生減少の傾向を重回帰分析によって導か

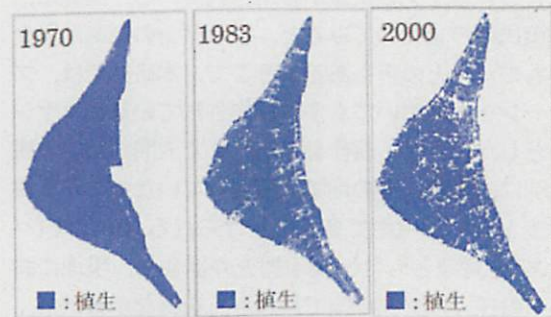
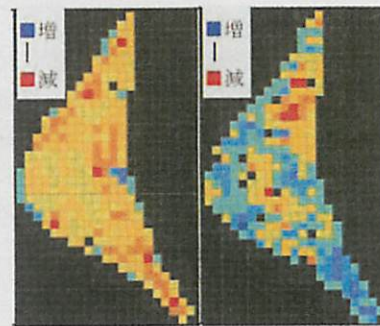


図-4 各年代の植生図

表-3 緑地面積と減少率

撮影年次	緑地面積(m ²)	70年比(%)	減少率(%)
1970	2,256,640	100.0	
1983	1,889,824	83.7	-16.3
2000	1,660,016	73.6	-26.4



1970年-1983年 1983年-2000年

図-5 各年代間の植生占有率の変化

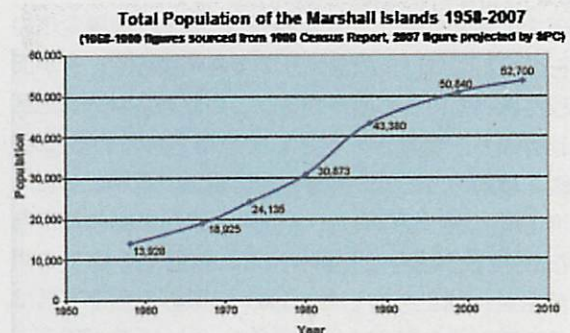


図-6 マーシャル諸島共和国の人口変遷

れた評価式の説明変数に盛り込んでいなかった。傾向の異なる地理情報を説明変数として導入することにより、侵食と堆積の傾向を示す評価結果の説明力向上に寄与することが期待される。

4. 根元に注目した土壌保持力の定量化

(1) 使用データと実験条件

樹種の違いによる沿岸域の土壌保持力の異なりを定量的に計測するために、室内模型実験を行うこととした。主として、現地ラグーン側を想定したため、現地の海崖(砂で形成)を地形タイプとした。その上で、現地縮尺の1/7.5の水槽を製作し、実験の第一段階として海水の

「流れ」に対する土壌保持力を検討することにした。実験で設定した水理量(流量, 流速)と実験時間は, 縮尺 1/7.5 に基づき, Froude 相似則を用い設定した。対象とした流れは, 佐藤らの現地調査により取得された図-7 に示すローラ地区北端部付近のリーフフラットにおける流速とした¹⁰⁾。平常時のラグーン側は極めて静穏な状態である。実験では, 地形変化が起き易い流れの再現を念頭に置き, マジュロ環礁であり得る観測データのうち最大級の流速を対象とした。模型で発生させることのできる流速 $V_m (=3.15\text{cm/s})$ を Froude 相似則から現地のスケールにすると流速 $V_p (=8.62\text{cm/s})$ となった。図-7 に流速 9.0cm/s のラインを示したが, 現実には発生する流速のやや速めのものに該当していることが判った。

粒径と地形傾斜についてはマジュロ環礁で取得したふり分け試験結果および TS による測量データより設定した⁹⁾。実験条件の詳細は表-4 の通りである。

次に, 土壌を緊縛している根系は, 針金と麻ひもによる模型で再現した。研究で対象としたココヤシとタコノキの土壌緊縛力は, 単位面積あたりに根系が占める割合によって左右される。一般に, 根密度は土壌 1 m²あたりの根量(乾重(g))とされている¹¹⁾⁻¹³⁾。本来は現地において複数の根系を採取し, 厳密に密度を測定する必要があるが, 沿岸植生が重要な島嶼国において, 根を掘り返す作業は非常に困難であることから, 本研究では現場写真から求めた複数平面内の根系の面積占有率で模型作成時の根系密度を近似させることにした。模型の精度はこの基準によるものであることに留意されたい。

具体的に, 図-8 下に示すココヤシの現場写真から, 根系が映りこんだ 10×10cm のエリアを複数箇所抽出した。次に, 根系の面積を, 根系部分に該当する pixel をカウントすることで求め, エリア全体の面積で除することにより写真内の面積占有率を求めた。結果, 複数箇所における根系の面積占有率は 89±8%程度であった。この面積占有率を複数方向で満たすように, 図-8 上に示す模型の根系を増減させた。実験で使用した模型の面積占有率は 94%程度であり, 現場写真から求めた面積占有率をほぼ近似できるものと考えた。一方, タコノキは土壌内深部の現場写真を取得出来なかったため, 図-9 に示す根系図を参考として¹¹⁾⁻¹³⁾, 幹から分岐する気柱 15 本, 側根 7 本とし, この図をなるべく再現するよう

表-4 実験条件

流量(cm ³ /s)	45.0	地形傾斜(°)	2
流速(cm/s)	3.2	粒度範囲(mm)	0.106-0.300
実験時間(h)	1.5		

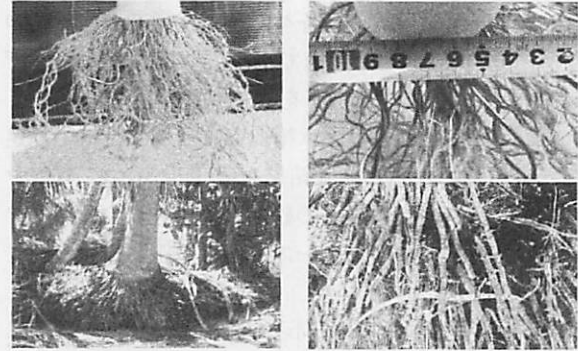


図-8 模型と実際の根系:ココヤシ(上:模型, 下:実際)

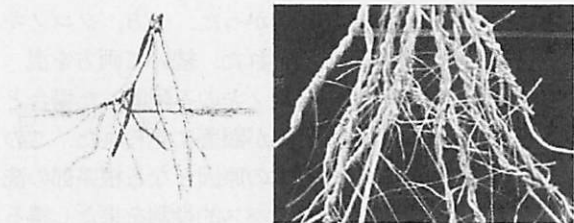


図-9 根系図と模型:タコノキ



図-10(1) 根系(ココヤシ)

図-10(2) 根系(タコノキ)

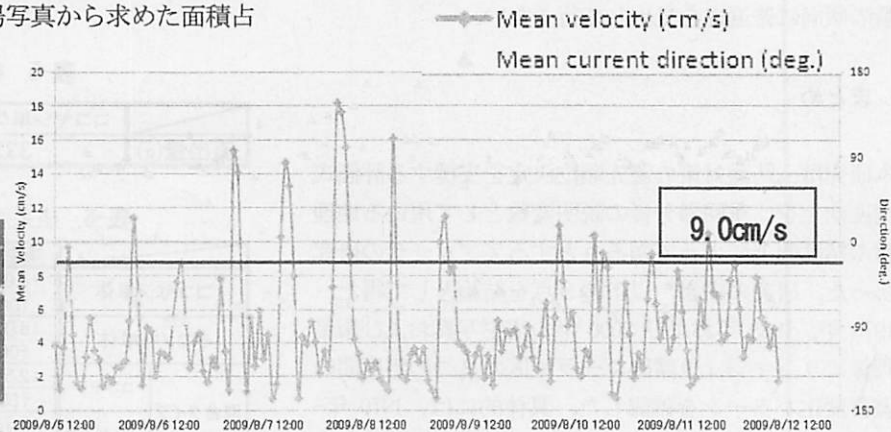


図-7 ローラ地区先端部の流速データ(測点:左)

模型を製作した。図-10 に完成した根系の模型を示す。
また、図-11 に実験水槽外観を示す。

(2) 実験結果

実験は、図-11 に示す水槽の奥側から約 2° 手前側が低くなっている手前の向きに水を流した。根系の配置は、①ココヤシ単体、②タコノキ単体、③混合の3つのタイプを設定した。図-12 左に各々の初期状態を示す。この状態に、表-4 に示した流速で水を流し続けた。条件である 1.5 時間後の水槽の様子を図-12 右に示す。

水槽から流れ出た砂は、水槽側面に設置した樋で補足し、乾燥重量を計測した。結果を表-5 に示す。ココヤシ単体を分布させたケースの砂の流出が最も少なく、タコノキ単体を分布させたケースの砂の流出が最も多いことが分かった。

次に、経過時間毎の根系周辺地盤の侵食状況を表-6 に示した。計測した場所は、図-12 左側の写真に記入した矢印部分の地盤の幅である。ココヤシは60分まで連続して侵食が見られたが、根系周辺の侵食がある程度進んだ後は目立った侵食は見られなかった。一方、タコノキでは90分間侵食が継続して見られた。続いて両方を混合して配置した場合では、タコノキのみ配置した場合と比べ、タコノキ周辺の砂の流出が顕著に見られた。このような配置は、ココヤシの倒木の原因となる根系部の洗掘を押さえるための流路のバイパス的役割を果たし得ることを示しており、このことは現地の植栽を検討する上での一つの知見と考えられる。

根系の種類と配置の違いに伴う砂の流出量の異なりは、根系周辺の侵食過程の違いほど劇的な違いを捉えることは出来なかった。模型の根系密度の精度向上や、流出した砂を集めるための樋の工夫(流れやすさ)等実験装置の改良は、砂の流出量を安定して捉えるために必要となる改良点と考える。また、実験は、水の流れが均質であること、侵食が安定して進行しているといった点を確認した後に本実験(1回)を行った。今後、流れの条件に波浪を加えることと、実験回数を重ねることにより、砂の流出量の傾向に普遍性を見出して行きたい。

5. まとめ

本研究は、防護対策の優先順位決定を支援する評価式の精度向上を、重回帰分析の説明変数として用いる地理情報の精度向上によって図ろうとするアプローチの研究であった。研究の結果、以下の3点を結論として得た。

①1970 年、1983 年および 2000 年の空中写真および衛星画像より、マジュロ環礁ローラ地区の2つの年度間の被覆変化パターンを確認した。具体的には、1970 年-1983 年にはローラ地区全域で植生が減少し、1983 年-2000 年には地区北部およびラグーン側において植生

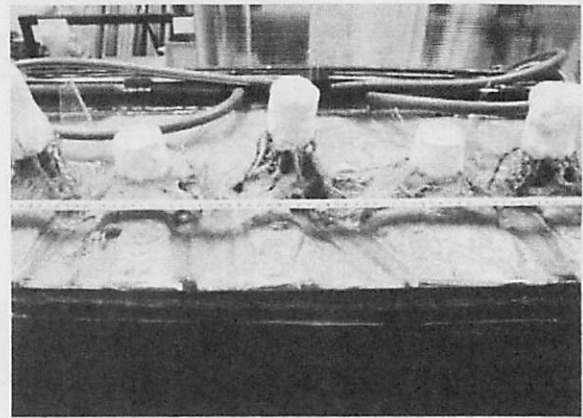


図-11 実験水槽の様子

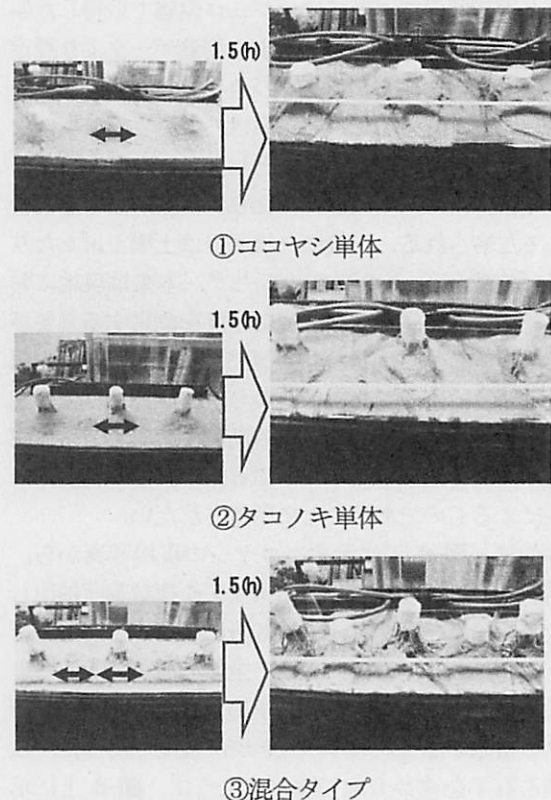


図-12 実験水槽の様子(左:実験前, 右:実験後)

表-5 砂の流出量(g)

	ココヤシ単体	タコノキ単体	混合タイプ
流出量(g)	3320	3730	3510

使用機器の最小表示:0.01kg

表-6 根系周囲の侵食量の変化

		実験前	30分経過	60分経過	90分経過
ココヤシ単体		14.0cm	12.7cm	12.0cm	12.0cm
		100%	90.7%	85.7%	85.7%
タコノキ単体		16.0cm	11.7cm	10.0cm	9.7cm
		100%	73.1%	62.5%	60.6%
混合タイプ	ココヤシ	12.5cm	12.3cm	11.0cm	11.0cm
		100%	98.4%	88.0%	88.0%
	パンダナス	12.7cm	9.0cm	7.8cm	7.3cm
		100%	70.9%	61.7%	57.7%

上段:根系上部の砂幅(侵食が進むに従い減少する)

下段:侵食率を示す。

の減少が顕著であることが分かった。この点を植生減少率で示し、新たな地理情報を生成した。現在までの研究では、年度間で異なる植生減少の傾向を重回帰式の説明変数に盛り込んでおらず、評価結果の説明力向上に寄与することが期待される。

- ②ローラ地区北端の流速を実験条件とし、現地を代表する2種類の樹木の根系モデルを製作、土壌保持力の実験を行った。その結果、根系単体ではココヤシの保持力が高くなった。しかし、この保持力の相違は、根系周囲の地盤の侵食過程に劇的な違いがあるほど顕著なものではなかった。今後、波浪による検討も進める予定である。
- ③ココヤシとタコノキを交互に配置する工夫をすると、根系周囲の地盤の侵食特性が変わる特徴を見出すことができた。この配置に関しては、沿岸域の防護を目的とした沿岸植生の植林に援用することが期待でき、配置間隔や植林場所等、植栽設計に展開して行きたい。

上記の成果と課題に加えて、本研究で生成した地理情報の、評価式の精度向上に対する寄与度を定量的に検証し、最終的な評価式の提案と、その適用範囲について結論を出すべく研究を展開したい。

謝辞：本研究はJST/JICA地球規模課題対応国際科学技術協力事業(研究代表者:東京大学大学院理学系研究科 茅根創教授)、環境省地球環境研究総合推進費(代表者:国立環境研究所 主任研究員 山野博哉氏)、および茨城大学における文部科学省平成22年度特別経費(プロジェクト分)「気候変動対応型社会のための適応イノベーション研究-サステナビリティ学と地球変動適応科学の展開-」の一環として行われたものである。記して深甚なる謝意を表す。

参考文献

- 1) Contribution of Working Group 1 to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change - Summary for Policymakers, <http://www.ipcc.ch/>, (入手 2007. 5. 19)
- 2) Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability - working Group 2 Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report, <http://www.ipcc.ch/>, (入手 2007. 5. 19)
- 3) 桑原祐史, 横木裕宗, 滑川卓也, 佐藤大作, 林利一, 三村信男: Majuro環礁における国土の防護を目的としたゾーニングプロセスの構築, (社)土木学会 第15回地球環境シンポジウム講演論文集, No. 15, pp. 129-133, 2007.
- 4) 桑原祐史・横木裕宗・佐藤大作・三村信男: マジュロ環礁を対象とした国土防護のための沿岸域ゾーニングプロセス, (社)土木学会土木情報利用技術論文集, Vol. 16, pp. 91-98, 2007.
- 5) 桑原祐史・江田雄樹・横木裕宗・小柳武和・三村信男: 南太平洋島嶼国を対象とした沿岸域防護のためのゾーニング図作成方法の高度化, (社)地盤工学会 環境地盤工学シンポジウム発表論文集, No. 8, pp. 389-394, 2009.
- 6) 江田雄樹: 茨城大学修士学位論文, 2011.
- 7) Yamano H., etc.: Evaluation of various satellite sensors for waterline extraction in a coral reef environment: Majuro Atoll, Marshall Islands, *Geomorphology*, Vol. 82, Issues 3-4, No. 15, pp. 398-411, 2006.
- 8) Yamaguchi, T., Kayanne, H. H. Yamano, Y. Najima, M. Chikamori, and H. Yokoki: Excavation of pit agriculture landscape on Majuro atoll, Marshall Islands, and its implications, *Global Environmental Research*, 9(1), pp. 27-36, 2005.
- 9) 近森正: 山に登るオオハマボウ-海洋島の植生変化と人間居住-史学第72巻第2号, pp. 123(261)-153(291), 2003.
- 10) 近森正: ヘヌア・村のある島-環礁州島の地形発達と人間居住-, 史学第76巻第2・3号, pp. 121(283)-146(308), 2007.
- 11) 苅住昇著: 最新 樹木根系図説 総論, 誠文堂新光社, 2010.
- 12) 苅住昇著: 最新 樹木根系図説 各論, 誠文堂新光社, 2010.
- 13) 苅住昇著: 樹木根系図説, 誠文堂新光社, 1979.
- 14) 落合清治・服部敦・延常浩次・福原直樹: 植生の違いによる耐侵食性に関する実験, (社)土木学会第 65 回年次学術講演会, II-193, 2010.
- 15) ECONOMIC POLICY -PLANNING AND STATISTICS OFFICE, Republic of the Marshall Islands, <http://www.spc.int/prism/country/mh/stats/index.htm> (入手 2011. 4. 5)
- 16) 佐藤大作・横木裕宗・桑原祐史・茅根創・三村信男: マーシャル諸島マジュロ環礁ローラ島における沿岸漂砂量分布に冠する現地調査と数値計算, (社)土木学会 地球環境研究論文集, Vol. 16, pp. 131-136, 2008.

(2011. 4. 11 受付)
(2011. 8. 6 受理)

Improving the accuracy of the geographic information components for selection of the priority district of protection measure on the South Pacific islands

Yuji KAWAHARA¹, Takatoshi NAKANO², Yuki EDA³, Hiromune YOKOKI⁴,
Masafumi FUJITA⁴, and Daisaku SATO⁴

¹Center for Water Environment Studies, Ibaraki University
²Graduate School of Science and Engineering, Ibaraki University
³Moriya City Office
⁴Dept. of Urban and Civil Engineering, Ibaraki University

The objective of this study is to generate the geographical information on transition of the vegetation and soil reactivity in the Laura district, Majuro atoll, Marshall islands. Accelerated coastal erosion or decrease of coastal vegetation would be critical problem for atolls. Then, we proposed the selection procedure of the priority district of protection using geographic information of the coastal region. In this study, we focus on the analysis of spatial information (aerialphoto and satellite image) and the experiment on soil erosion, and after, we examined the accuracy improvement of the valuation plan of the protection priority. Through this study, the results were as follows:

- 1) It generated that the geographic information about the landcover change during 2000-1983 and 1983-1970.
- 2) We found that the soil reactivity of the root system of coco was larger than that of pandanus. However, the value of reactivity was not a significant difference that divided the rank of the geographic information.
- 3) On the other hand, when the coco and the pandanus were combined and arranged, the amount of the invention in the vicinity of the coco root system were decreased. This feature can be used for site planning of the coastal vegetation in the future.